

## MORPHOLOGIE ET STRUCTURE DU CANAL DE MOZAMBIQUE

(J. SEGOUFIN, Thèse de Doctorat ès-Sciences,  
Université Louis Pasteur de Strasbourg, 1981  
ronéo., 236 p., 68 fig., bibliogr.)

Cette thèse de géophysique présente un grand intérêt pour la connaissance non seulement du Canal de Mozambique mais également de l'évolution géologique et paléogéographique de Madagascar grâce aux précisions qu'elle apporte sur les déplacements de Madagascar à la fin du Mésozoïque et durant le Cénozoïque.

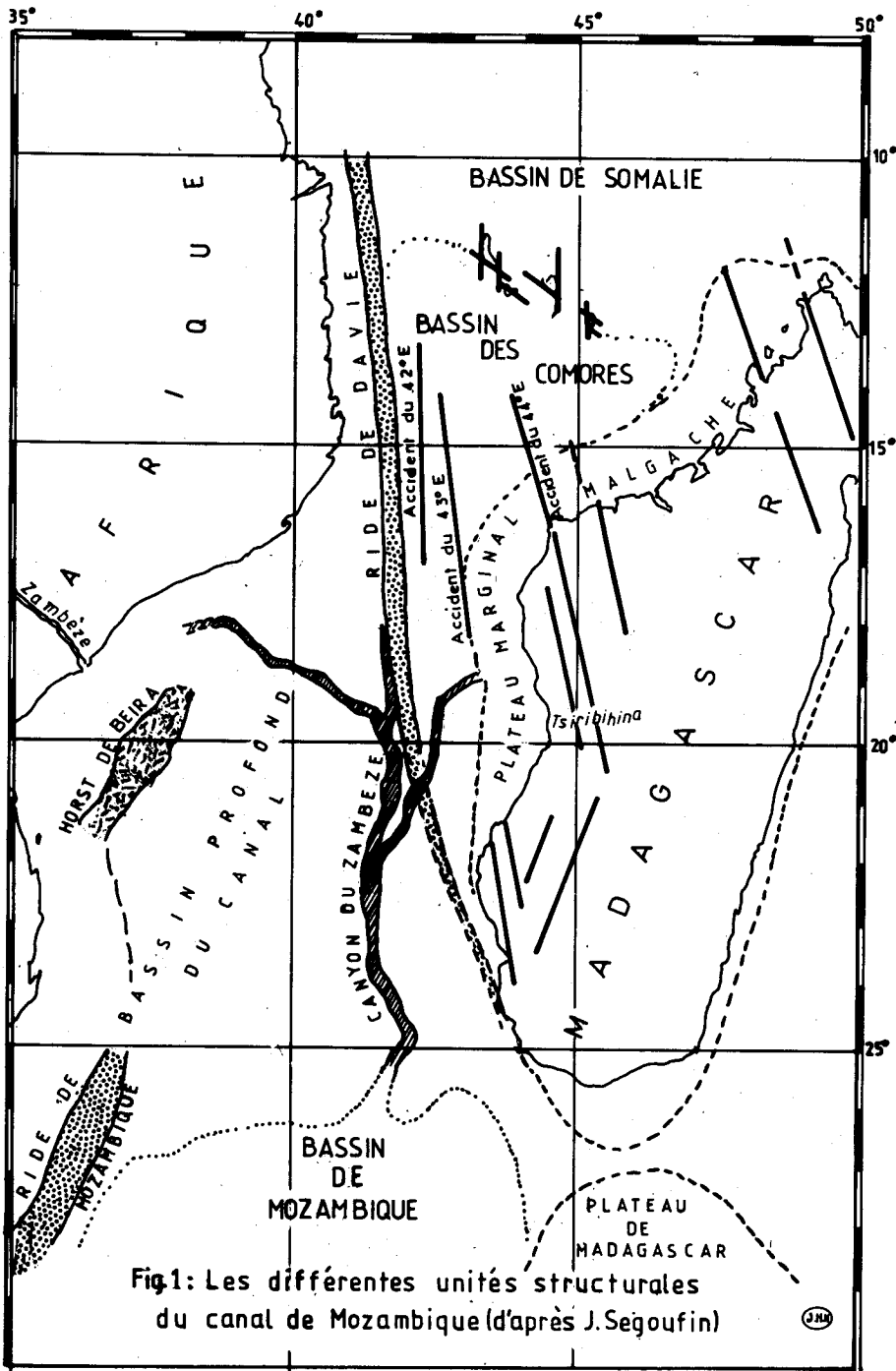
Cet ouvrage est fondé sur l'utilisation d'un large éventail de techniques géophysiques et l'auteur a traité des données collectées lors des missions océanographiques qui se sont tenues à l'extrémité occidentale de l'Océan Indien à partir de 1959. Il a utilisé plus précisément les résultats obtenus par le laboratoire de géophysique marine de l'Institut de Physique du Globe à Paris pendant les campagnes s'échelonnant entre 1966 et 1975, lui-même ayant participé à neuf de celles-ci.

Après avoir présenté les conditions matérielles dans lesquelles se sont effectués ces travaux (Chap. I), J. Segoufin fait le point des connaissances paléogéographiques et géologiques concernant le Canal de Mozambique et les zones avoisinantes (Chap. II et III) avant de présenter l'analyse géophysique détaillée et méthodique du Canal (Chap. IV), du bassin de Mozambique (Chap. V) et du bassin de Somalie occidentale entre 0° et 12°S (Chap. VI). Il regroupe ses conclusions dans les deux derniers chapitres (Chap. VII et VIII).

Le Canal de Mozambique s'étend entre les côtes africaines et malgaches sur une longueur de 1 550 km, une largeur variant de 1 000 à 420 km (au niveau du cap Saint-André) entre 12°S et 26°S de latitude. Au nord, il est limité par le bassin de Somalie et au sud par le bassin de Mozambique dont la profondeur atteint chaque fois plus de 5 000 m. Il est composé de divers éléments topographiques et structuraux (Fig. 1).

Le Canal de Mozambique est divisé en deux parties par un élément structural majeur, la ride de Davie, orientée nord-sud depuis la côte NE du Kenya jusqu'à la côte SO de Madagascar. Elle culmine à moins de 500 m sous le niveau de la mer et limite les différentes unités morphologiques du Canal :

- au NE s'étend le bassin des Comores. Ce dernier s'arrête au niveau du plateau marginal malgache qui s'étend au large de Madagascar jusqu'aux environs de Tuléar où il se rétrécit avec la proximité de la ride de Davie.
- à l'ouest et au sud-ouest s'étendent le bassin profond du Canal encombré d'îlots volcaniques et la marge continentale africaine avec le horst de Beira.



La limite orientale du Canal de Mozambique avec le plateau marginal malgache conserve toujours une pente abrupte, même au cap Saint-André où l'extension du plateau marginal est maximale. A l'ouest, le plateau continental africain s'élargit vers 20°S à proximité de l'embouchure du Zambèze et sa pente s'adoucit alors.

Les talus continentaux sont disséqués par des canyons sous-marins ; le plus important est le canyon du Zambèze qui vient buter contre la ride de Davie avant de se diriger vers le sud. Il est rejoint sous forme d'une confluence par le canyon de la Tsiribihina en provenance du plateau marginal malgache et de Madagascar et qui ravine la ride de Davie.

Ces canyons, souvent très profonds, bordés de flancs verticaux de 800 m de hauteur parfois, ont des fonds tapissés de sédiments d'origine continentale qui consistent en des sables et des graviers. Certains de ceux-ci atteignent 1,5 cm de diamètre à 800 km de l'embouchure du Zambèze et à 600 km de celle de la Tsiribihina et proviennent de terrains précambriens situés sur le continent africain et à Madagascar. Ces canyons seraient dus à de puissants courants de fond.

\*  
\* \* \*

Parmi les grands éléments structuraux du Canal de Mozambique, le bassin des Comores en est le plus septentrional. Il est limité à l'ouest par la ride de Davie et la marge continentale africaine, au nord-est par l'archipel volcanique des Comores, au sud-est par le plateau marginal malgache. C'est un bassin sédimentaire à séries épaisses bien stratifiées, parmi lesquelles on peut reconnaître des bancs de calcaire et des coulées volcaniques plus récentes du Cénozoïque. L'étude géologique de l'archipel des Comores montre que ces volcans récents (cénozoïques et quaternaires) sont installés sur un soubassement constitué de socle continental et que ce volcanisme est caractéristique d'une limite de bouclier primitif. L'archipel des Comores se situe à la limite d'une croûte continentale et d'une croûte océanique (la limite est visible par la différence de comportement de champ magnétique). Trois accidents tectoniques majeurs situés respectivement à 42°E, 43°E et 44°E, parallèles à la ride de Davie, provoquent la remontée du socle sous la forme d'intrusions volcaniques crevant la couverture sédimentaire. Les carottages effectués au sommet de l'un de ces accidents (44°E) sont constitués d'hémipélagite et de turbidites d'âge pliocène actuel surmontant une cuirasse polymétallique et du basalte altéré. Les sédiments, au contact de la cuirasse, ont été datés de 4 à 5 millions d'années par la microfaune qu'ils contiennent. Ces accidents correspondent à des traits structuraux majeurs existant aux Comores et à Madagascar : l'un d'eux (celui de 44°E) se prolonge à Madagascar où il constitue (selon nous) la faille allant du cap Saint-André au Bongolava, située au contact entre le socle et le bassin sédimentaire de Morondava. Ces failles sont des accidents anciens, ayant joué au Cénozoïque supérieur en favorisant la montée de basaltes récents datés de 4 à 5 millions d'années. Le contact de ce bassin avec les autres structures se fait par des gradins de faille.

*Le plateau marginal malgache* est un plateau sous-marin de 2 000 à 2 500 m de profondeur et qui n'atteint que 80 km de large au maximum. Il est situé en bordure de Madagascar, limité vers l'est par la courbe bathymétrique - 200 m qui marque une rupture de pente brutale avec la plate-forme continentale. Ce plateau est le prolongement sous-marin des bassins sédimentaires malgaches émergés. Cette unité structurale est surmontée de séries sédimentaires relativement peu épaisses lorsqu'on les compare aux épaisseurs du bassin des Comores, mais assez complètes puisqu'on y retrouve le toit du Crétacé supérieur prolongeant probablement les *trapps* du Crétacé supérieur de Madagascar.

A l'ouest de la ride de Davie s'étend le bassin profond du Canal de Mozambique à la forme en triangle ouvert vers le sud, la pointe étant située à proximité de la ville de Mozambique. Il constitue un bassin sédimentaire très épais, ouvert vers le sud sur le bassin de Mozambique. Il est limité à l'ouest par la côte africaine, à l'est et au nord par la ride de Davie. La limite sud n'apparaît pas dans la bathymétrie mais elle est marquée par l'apparition d'anomalies magnétiques au niveau des îles Bassa de India et Europa - d'origine volcanique. La profondeur moyenne de ce bassin est de 3 000 m mais il se relève rapidement vers l'ouest pour laisser la place au horst de Beira, lui-même relayé par la marge continentale africaine. La sédimentation a plusieurs milliers de mètres d'épaisseur. Par des méthodes diverses on est arrivé à supposer que le soubassement du bassin profond est formé par des coulées volcaniques, basaltiques, d'âge Karoo, provenant du continent africain (il n'y a pas de volcanisme d'âge karoo à Madagascar) et s'étendant au sud de la ride de Davie jusqu'aux côtes malgaches. Au-dessus de ces premières couches volcaniques se retrouvent les coulées du Crétacé supérieur déjà repérées dans les structures vues précédemment. Enfin, à la limite sud du bassin profond, on distingue une troisième génération de coulées récentes, liées au volcanisme plio-quadernaire des îles de Bassa de India et Europa. Ces coulées, d'âge de plus en plus récent vers le sud, semblent constituer des reliefs en marches d'escalier orientées sud-nord.

Une deuxième caractéristique du canal profond en est la forte sismicité : « les séismes dont les épicentres sont situés sur le plateau et la marge continentale africaine, sont probablement en relation avec le prolongement dans le canal des accidents des rifts africains ». D'autres séismes, situés près des îles, sont d'origine volcanique. L'existence de séismes à l'ouest de la ride de Davie marque la poursuite des mouvements verticaux encore à l'heure actuelle.

Enfin, le canal profond et le horst de Beira sont caractérisés par l'importance de la sédimentation deltaïque d'origine continentale et récente. Le horst de Beira recouvert par ces dépôts, alors que les séries sédimentaires plus anciennes se terminent en biseau à sa base, serait une structure relativement récente par rapport aux structures environnantes.

La ride de Davie qui est la structure majeure du Canal de Mozambique se présente comme une forme continue entre 14°S et 20°30'S mais, grâce aux mesures des anomalies gravimétriques, on peut la suivre sur 900 km de la marge africaine au niveau des côtes de Kenya à 5°S jusqu'à la limite du plateau marginal malgache à 26°S. Sa direction est subméridienne, sa largeur d'environ 50 à 60 km. Le relief de la ride de Davie apparaît comme très variable et fortement asymétrique, le flanc ouest présentant un abrupt important, pouvant atteindre des commandements de 950 à 1 500 m. La ride se dédouble en plusieurs endroits et les deux structures sont alors séparées par un bassin sédimentaire épais. La profondeur des fonds est nettement différente selon l'emplacement : plus importante sur le flanc ouest que sur le flanc est ; le décalage est de 200 à 400 m et peut atteindre 800 m lorsque le flanc est de la ride se confond avec le plateau marginal malgache. Des carottages effectués sur la ride entre les latitudes 13°46'S et 18°30'S ont montré que le sommet de la ride est recouvert d'une carapace polymétallique d'âge indéterminé sous laquelle se trouve une couverture de sédiments pélagiques formée de boues calcaires à nannofossiles allant du Crétacé supérieur au Pliocène. Sous cette couverture on trouve une formation plus ancienne constituée d'argilites grises et de grès verts altérés. Certains grès arkosiques silicifiés d'origine continentale ou de marge continentale ont des affinités avec le faciès karoo et semblent constituer avec des remontées magmatiques l'ossature de la ride. Ces sédiments présentent des changements de faciès fréquents et sont affectés par la tectonique cassante, de horst et de graben, qui s'est manifestée depuis le Crétacé jusqu'à l'époque actuelle comme le montre la forte sismicité observée sur le flanc

ouest de la ride. La ride de Davie se présente comme une faille rectiligne très longue et encore actuellement active. De ce fait on peut l'interpréter comme une faille de cisaillement avec d'importants mouvements horizontaux. C'est également une faille transformante avortée dont la direction correspond à celle du mouvement relatif de Madagascar vers le sud par rapport au continent africain. Le déplacement a eu lieu avant le Crétacé supérieur puis s'est arrêté car les terrains qui recouvrent la ride vont du Crétacé supérieur à l'Holocène.

*Le Canal de Mozambique* est limité au sud par le bassin de Mozambique. C'est un bassin de forme rectangulaire large d'environ 600 km, long de 2 000 km et dont la profondeur moyenne est d'environ 5 000 m. Ce bassin est limité à l'ouest par la ride du Mozambique qui sépare les bassins du Natal et du Transkei, situés à l'ouest du bassin de Mozambique. Cette ride se prolonge vers le sud-ouest par le plateau des Agulhas. A l'est, il est limité par le plateau de Madagascar qui prolonge la Grande Ile vers le sud. Le contact de ce bassin avec les structures qui le limitent se fait par gradins de faille. La nature du substratum est volcanique mais d'épaisses formations détritiques d'origine continentale et africaine le recouvrent au nord et sont déplacées par de très forts courants de fond. Grâce aux forages, une importante activité volcanique éocène a été révélée : d'après Schlich (1975) elle est à mettre en relation avec le brusque changement de direction et le taux d'expansion observés dans les bassins océaniques avoisinants de Crozet et de Madagascar. L'étude des anomalies magnétiques mésozoïques et cénozoïques montre que le taux d'expansion observé moyen est de 1,2 cm par an pour les anomalies 1-33 ; il passe à 3,4 cm par an pour les anomalies 33 à 34. A l'extrémité nord du bassin, de grandes fractures de direction générale 18°E sont associées à des anomalies magnétiques mésozoïques (M0-M22 : environ 105 à 150 millions d'années) qui décalent les linéations vers le nord. Le bassin de Mozambique est ainsi l'un des plus anciens de l'Océan Indien car il présente une série d'anomalies magnétiques complètes du Mésozoïque, allant de M1 à M22 qui indiquent que l'ouverture de ce bassin s'est faite du Jurassique supérieur. L'existence des anomalies magnétiques jusqu'à la latitude de 22°S permet de localiser la limite du domaine océanique et du domaine continental à cette latitude qui est déjà située dans le Canal de Mozambique.

*Le bassin de Somalie* qui limite le Canal de Mozambique au nord, s'étend jusqu'à l'île de Socotra au nord, à l'est jusqu'à la dorsale de Carlsberg, au sud jusqu'à l'archipel des Comores et à l'ouest jusqu'à la côte africaine. C'est un bassin océanique profond de 5 000 m qui renferme au nord-est le banc des Seychelles dont la nature continentale, en tant que fragment de socle précambrien, a été démontrée à plusieurs reprises. Seule une petite partie de ce bassin, comprise entre la côte africaine et 50° de longitude est, entre 0° et 12° de latitude sud, a été étudiée par l'auteur. Cette partie est essentiellement constituée par un bassin sédimentaire sans relief notable, recouvert d'une puissante série sédimentaire dont l'épaisseur diminue d'ouest en est et du nord au sud et qui repose, selon de nombreux auteurs, sur un substratum d'âge probablement karoo. Dans la partie occidentale de ce bassin, des dépôts salifères ont été localisés sur la marge du Kenya ; ils ont été datés de la période s'étendant du Trias au Bajocien. Vers l'est de ce bassin apparaît une zone totalement différente, moins profonde, fracturée par de grands accidents orientés 5°E et 10°E, où le soubassement apparaît à plusieurs reprises et change radicalement de nature. C'est sur l'un de ces accidents que l'on place le passage d'une zone de fracture associée à une dérive nord-sud de Madagascar. Au sud de l'équateur, le passage entre la croûte continentale et la croûte océanique a été localisé sur une distance de près de 900 km de long, le long de la côte africaine. Une séquence complète et symétrique d'anomalies magnétiques mésozoïques M0-M21 a été reconnue au nord de l'archipel des Comores ce qui fait que l'ouverture de cette partie du bassin de Somalie est aussi ancienne que celle du bassin de Mozambique qui s'est constitué à partir du Jurassique supérieur, c'est-à-dire au Kimmeridgien, il y a environ 150 millions d'années. Les anomalies magnétiques du bassin de Somalie révèlent également que l'expansion du bassin a été considérable entre le Kimmeridgien (M21) et l'Aptien (M0).

La présence de part et d'autre du Canal de Mozambique de deux bassins du même âge, datant du Jurassique supérieur (150 millions d'années), ayant chacun des linéations magnétiques mésozoïques de même direction (N 86°E) et des taux d'expansion comparables (1,3 à 1,7 cm de demi taux d'expansion moyen), a permis à l'auteur de supposer que ces anomalies ont été formées parallèlement à l'axe d'une même dorsale dont on retrouve un fragment fossile dans le bassin de Somalie et dont on sait que l'expansion a été considérable entre le Kimmeridgien (M21) et l'Aptien (M0).

Cela a permis à l'auteur de reconstituer les mouvements relatifs des plaques à quatre époques différentes M21, M15, M2 et M34 s'échelonnant entre le Jurassique supérieur (150 millions d'années) et le Crétacé supérieur (83 millions d'années).

La reconstruction de l'époque M21 - datant du Jurassique - précédant les grandes ruptures montre qu'une dorsale était en train de se constituer, séparant l'Afrique de Madagascar (Fig. 2a). Cette dorsale était constituée par la dorsale du bassin de Somalie et par la ride de Davie. Madagascar était relié à l'Antarctique par le plateau de Madagascar. Le bassin de Mozambique était encore fermé car l'Antarctique venait buter contre les côtes d'Afrique du Sud avec une superposition locale au niveau du horst de Beira dont l'existence est postérieure à cette époque et indépendante de la tectonique des plaques (ce serait une flexure liée au poids des sédiments continentaux ou un haut fond couronné de récifs coralliens). Madagascar et l'Antarctique étaient décalés vers le nord par rapport à l'Afrique et à leur position actuelle et le bassin de Majunga était situé en face du Kenya. L'Amérique du Sud avec le plateau des Falklands venait en pointe sous l'Afrique et se plaçait contre l'Antarctique. Cette position était encore toute proche de celle des différents continents dans le Gondwana. Cette reconstitution est également analogue à celle de Smith et Hallam (1970) qui avaient obtenu une reconstruction semblable basée sur des comparaisons morphologiques.

L'évolution des plaques, par expansion des différents bassins à partir des dorsales, a été active jusqu'au voisinage de l'anomalie M0 (Crétacé supérieur, Aptien), date à laquelle la dorsale de Somalie a cessé de fonctionner, bloquant par conséquent l'expansion de la ride de Davie en tant que faille de cisaillement et faille transformante. Entre-temps - M15 puis M2 - (Fig. 2b) se sont produits l'ouverture du Canal de Mozambique, le déplacement conjoint de Madagascar et de l'Antarctique vers l'est et le sud, puisqu'ils étaient encore soudés l'une à l'autre. L'Inde se plaçait près de la côte orientale de Madagascar, laissant la place à un espace pouvant contenir les Seychelles et les fragments du plateau des Mascareignes, constitués par des éléments du socle continental. Mais si la position de Madagascar est bien définie par rapport à l'Afrique, celle de l'Inde n'a pu être calculée avec autant de précision et les deux positions, en l'absence d'un critère de choix, ont été portées sur la carte. A l'époque M2, le glissement de Madagascar le long de la ride de Davie est presque achevé alors que l'Inde ne s'est pas encore détachée de l'ensemble malgache.

\*  
\* \* \*

Une des premières remarques que l'on pourrait soulever à la suite de la lecture de cette thèse, est de souligner l'existence de la continuité géologique entre l'Afrique, le Canal de Mozambique et Madagascar, continuité que l'on pouvait déjà soupçonner à partir de la publication de nombreux travaux géologiques concernant les parties émergées, tant en Afrique orientale qu'à Madagascar, et qui se trouve confirmée par ce travail. Cette continuité est ancienne car la plupart des bassins sédimentaires, émergés ou immergés, ont une origine karoo. L'évolution tectonique est également semblable et les informations tirées de cet ouvrage viennent confirmer et préciser une évolution que l'on peut tracer comme suit :

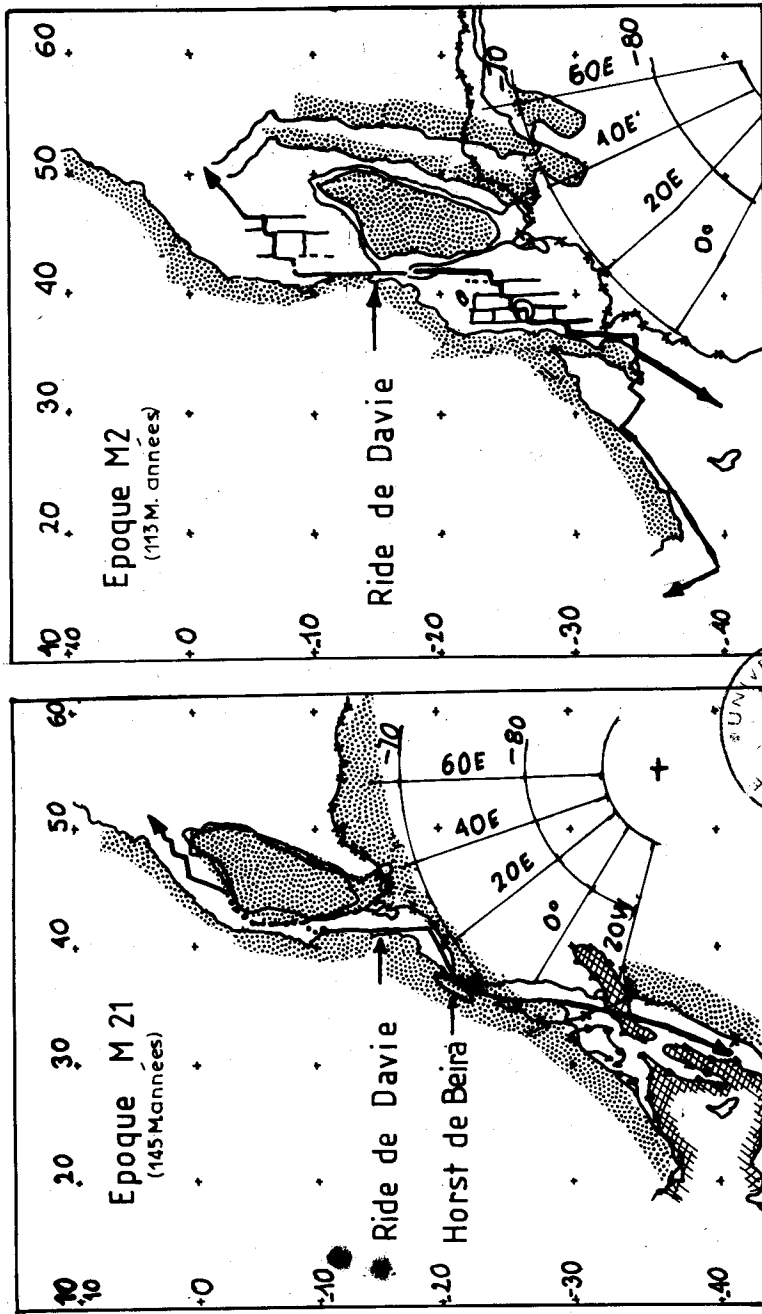


Fig. 2 : Reconstruction des plaques Afrique, Antartique, Madagascar, Madagascar pour l'époque de l'Anomalie M21 et celle de l'Anomalie M2, à laquelle on a ajouté les positions possibles de l'Inde. Le trait représente la limite des plaques. La ligne de points marque les anomalies magnétiques de marge. L'isobathe 2 500 m est en trait continu pour l'Afrique et Madagascar, constitué par des croix pour l'Antartique et des triangles pour l'Amérique. (d'après SEGOUFIN et PATRIAT, 1980-1981).

- à la fin du Paléozoïque et au début du Mésozoïque, le début d'une longue période d'instabilité tectonique s'est manifesté par des mouvements de subsidence aboutissant à la formation des différents bassins sédimentaires karoo, mais des épanchements volcaniques paléozoïques ont eu lieu sur la partie africaine alors qu'ils sont absents à Madagascar.

- Les mouvements tectoniques devinrent plus violents au Mésozoïque lorsque la ride de Davie s'est formée avec l'ouverture des bassins de Somalie et de Mozambique. C'est alors qu'a eu lieu la phase active de la tectonique des plaques (entre 150 et 83 millions d'années) avec la migration de Madagascar le long de la ride de Davie qui était alors une faille transformante. C'est l'époque d'une intense tectonique de fractures et d'un volcanisme fissural, non seulement le long de la ride mais aussi sur des fissures parallèles à la ride et à la limite des parties émergées. A la formation des bassins sédimentaires a répondu, pour maintenir l'équilibre isostatique, le soulèvement par saccades des socles émergés. Mais la faille transformante a avorté avec l'arrêt de l'ouverture du bassin de Somalie et la migration de Madagascar s'est achevée au Crétacé supérieur. A suivi une période de calme tectonique que l'érosion put exploiter pour l'élaboration d'une surface crétacée (surface des Tampoketsa sur les Hautes Terres malgaches). Les seuls mouvements tectoniques du Cénozoïque inférieur et moyen sont des mouvements de compensation isostatiques qui ont porté, par saccades, la surface des Tampoketsa en altitude.

- Une nouvelle phase tectonique s'est déclenchée à la fin du Cénozoïque (Miocène, Pliocène) provoquant le rejeu d'accidents plus récents (par exemple, celui du 44°E dans le bassin des Comores; se poursuivant à Madagascar) et une nouvelle phase de volcanisme dont l'Ankaratra est l'exemple le plus connu mais qu'on peut également retrouver dans le Canal de Mozambique. Ces mouvements tectoniques sont à mettre également en relation avec la tectonique des rifts africains. Cette instabilité tectonique accompagnée localement d'éruptions volcaniques; s'est poursuivie tout au long du Quaternaire. Elle est encore très active dans les rifts africains; sur la partie occidentale de la ride de Davie, dans le bassin profond du Canal vers 23°S, à Madagascar au niveau de l'Ankaratra et du fossé du lac Alaotra, elle existe de façon latente.

On constate également que le Canal de Mozambique est un milieu d'intense sédimentation, localement depuis la fin du Paléozoïque et de façon généralisée depuis le Crétacé supérieur. Ces couches épaisses de plusieurs milliers de mètres sont des dépôts corrélatifs d'une érosion continentale longue et violente qui se poursuit actuellement.

Cette étude montre enfin qu'il y a continuité entre les structures immergées et les régions émergées et que l'étude des régions continentales ne peut se faire sans la compréhension des processus qui ont lieu dans les bassins océaniques voisins.

J. et J.M. HOEBLICH

Maitres-assistants à l'Université de Tananarive

